

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

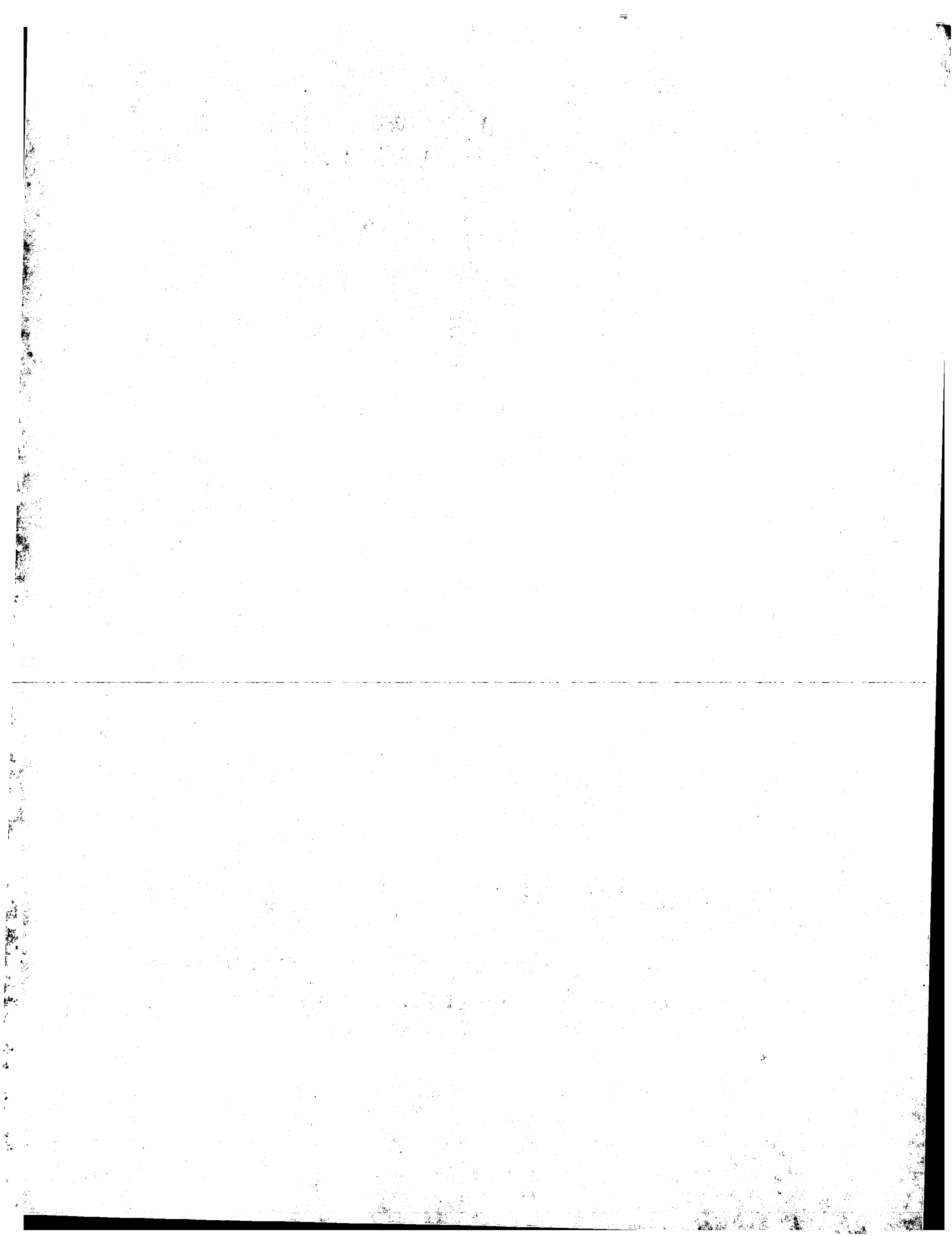
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**





19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 40 27 894 A 1

51 Int. Cl.⁵:
B 23 Q 3/157

21 Aktenzeichen: P.40 27 894.8
22 Anmeldetag: 3. 9. 90
43 Offenlegungstag: 5. 3. 92

DE 40 27 894 A 1

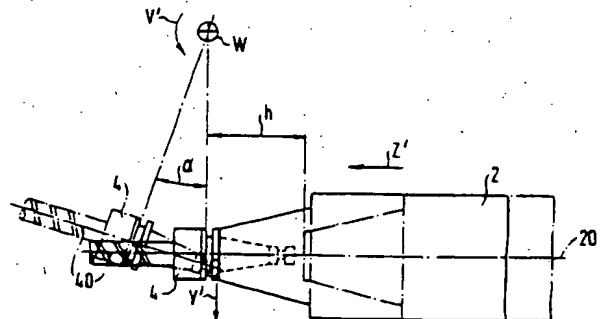
71 Anmelder:
Wanderer Maschinen GmbH, 8013 Haar, DE

74 Vertreter:
Manitz, G., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Finsterwald, M.,
Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.; Heyn, H., Dipl.-Chem.
Dr.rer.nat., 8000 München; Rotermund, H.,
Dipl.-Phys., Pat.-Anwälte, 7000 Stuttgart

72 Erfinder:
Kessler, Kurt, 8000 München, DE

54 Werkzeugmaschine

57 Bei einer Werkzeugmaschine mit einer vorzugsweise in drei Achsrichtungen verfahrbaren Ein- oder Mehrspindeleinheit zur Werkzeugaufnahme sowie einem Werkzeugmagazin sind das Werkzeugmagazin und die Ein- oder Mehrspindeleinheit zum Werkzeugwechsel zumindest zeitweise gleichzeitig relativ zueinander bewegbar.



DE 40 27 894 A 1

Die Erfindung betrifft eine Werkzeugmaschine mit einer vorzugsweise in drei Achsrichtungen verfahrbaren Ein- oder Mehrspindeleinheit zur Werkzeugaufnahme sowie einem Werkzeugmagazin.

Bei derartigen Werkzeugmaschinen wird bei einem Werkzeugwechsel entweder die Ein- oder Mehrspindeleinheit zum Werkzeugmagazin hin verfahren oder mittels eines Transportmechanismus ein neues Werkzeug vom Werkzeugmagazin zur Ein- oder Mehrspindeleinheit hin verfahren und dort gegen das in der Ein- oder Mehrspindeleinheit befindliche Werkzeug ausgetauscht. Die für diesen Werkzeugtausch zurückzulegende Verfahrstrecke beansprucht Zeit, in der die Werkzeugmaschine nicht zur Bearbeitung eines Werkstücks nutzbar ist.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Werkzeugmaschine der eingangs genannten Gattung so zu verbessern, daß die zum Werkzeugwechsel benötigte Zeitspanne verkürzt wird.

Diese Aufgabe wird bei der Werkzeugmaschine nach der Erfindung dadurch gelöst, daß das Werkzeugmagazin und die Ein- oder Mehrspindeleinheit zum Werkzeugwechsel zumindest zeitweise gleichzeitig relativ zueinander bewegbar sind.

Durch diese gleichzeitige Relativbewegung von Werkzeugmagazin und Ein- oder Mehrspindeleinheit wird — insbesondere bei vorgegebenen maximalen Bewegungsgeschwindigkeiten — der während der Bearbeitung eines Werkstücks vorhandene Abstand zwischen Ein- oder Mehrspindeleinheit und Werkzeugmagazin in kürzerer Zeit zurückgelegt, da sich Werkzeugmagazin und Ein- oder Mehrspindeleinheit auf ihrem Weg zueinander begegnen.

Das Aufeinanderzubewegen kann nach Anspruch 2 translatorisch erfolgen; es kann aber auch nach Anspruch 3 eine Kombination aus rotatorischer und translatorischer Bewegung sein.

Vorteilhaft ist insbesondere die Ausbildung nach Anspruch 4, da dort das Werkzeugmagazin und die Ein- oder Mehrspindeleinheit in einer direkten gegenläufigen Bewegung aufeinanderzufahren können. Bei der Ausbildung nach Anspruch 5 kann ein besonders schneller Werkzeugwechsel erfolgen, da die gegenläufigen Bewegungen von Ein- oder Mehrspindeleinheit und Werkzeugmagazin so aufeinander abgestimmt werden können, daß das Werkzeug durch die Drehbewegung des Werkzeugmagazins direkt in die sich entgegengesetzt bewegende Ein- oder Mehrspindeleinheit eingesetzt bzw. aus dieser abgezogen werden kann.

Eine besonders vorteilhafte Ausbildung der Werkzeugmaschine ist in Anspruch 6 angegeben, wobei sowohl die gegenläufigen translatorischen Bewegungen nach Anspruch 4 als auch die gegenläufigen rotatorischen und translatorischen Bewegungen nach Anspruch 5 miteinander kombinierbar sind. Dabei wird die Werkzeugwechselzeit noch weiter verkürzt, da die gegenläufigen Bewegungen in zwei Bewegungsrichtungen erfolgen.

Durch die Ausbildung der Werkzeugaufnahmen nach Anspruch 7 wird ein einfaches Einsetzen und Herausnehmen eines Werkzeugs aus der Werkzeugaufnahme ermöglicht, wobei gleichzeitig das Werkzeug in der Werkzeugaufnahme so fest sitzt, daß es durch die bei der Drehbewegung des Werkzeugmagazins auftretenden Fliehkräfte nicht selbsttätig die Werkzeugaufnahme verläßt. Die Ausbildung nach Anspruch 8 begrenzt da-

bei den Öffnungsweg der Federschenkel. Durch die Ausbildung nach Anspruch 9 wird die Federkraft eines Federschenkels auf einfache Weise erhöht.

Erhöhend auf die Federkraft wirkt sich auch die Ausbildung nach Anspruch 10 aus, wobei aber die extern aufgetragenen Druckkräfte für den Fall des manuellen Beschickens eines Werkzeugmagazins auf geeignete Weise herabgesetzt werden können, so daß die Federschenkel jeder einzelnen Werkzeugaufnahme von Hand leicht auseinandergedrückt werden können.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Beispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert:

Fig. 1 eine teilweise geschnittene Seitenansicht einer Werkzeugmaschine nach der Erfindung mit einem trommelartigen Werkzeugmagazin,

Fig. 2 eine Momentaufnahme einer Einsetzbewegung eines Werkzeugs in die Ein- oder Mehrspindeleinheit bei gegenläufiger translatorischer und rotatorischer Bewegung,

Fig. 3 eine einzelne Werkzeugaufnahme,

Fig. 4 eine Reihe von Werkzeugaufnahmen und

Fig. 5 eine Mehrspindeleinheit.

Fig. 1 zeigt eine Werkzeugmaschine mit einem Werkzeugmaschinenkörper 1 sowie einer daran bewegbar gelagerten Ein- oder Mehrspindeleinheit 2. Die Ein- oder Mehrspindeleinheit 2 ist in drei rechtwinklig zueinander stehenden Richtungen x, y, z bewegbar, wobei die Bewegungsrichtung z in Richtung der Rotationsachse 20 der Ein- oder Mehrspindeleinheit 2 gelegen ist. Die Ein- oder Mehrspindeleinheit kann Bewegungen in diesen Richtungen auch zeitgleich ausführen.

Die Ein- oder Mehrspindeleinheit ist an ihrem in den Bearbeitungsraum 21 der Werkzeugmaschine weisenden Ende mit einer Aufnahmevorrichtung für ein Werkzeug 4 versehen. Das Werkzeug 4 dient zur Bearbeitung eines nur schematisch angeordneten Werkstücks 5, das auf bekannte Weise an einem nicht gezeigten Spannvorrichtung befestigt ist.

Oberhalb des Bearbeitungsraums 21 ist ein trommelartiges Werkzeugmagazin 3 vorgesehen. Das Werkzeugmagazin 3 ist um eine rechtwinklig zur Rotationsachse 20 der Ein- oder Mehrspindeleinheit 2 verlaufende Achse 30 drehbar und in Richtung dieser Achse 30 translatorisch verfahrbar. Die Achse 30 verläuft parallel zur Bewegungsrichtung x der Ein- oder Mehrspindeleinheit 2.

Über den Umfang ist das Werkzeugmagazin mit vier Reihen von Werkzeugaufnahmen 31A, 31B, 31C, 31D versehen. Jede dieser über den Umfang verteilter Werkzeugaufnahmen 31A, 31B, 31C, 31D ist Element einer parallel zur Achse 30 des Werkzeugmagazins 3 verlaufenden Reihe von Werkzeugaufnahmen. Die Werkzeugaufnahmen 31A, 31B, 31C, 31D sind mit Werkzeugen 4A, 4B, 4C, 4D bestückt.

Die über den Umfang des trommelartigen Werkzeugmagazins aufgenommenen Werkzeuge sind gleichsinnig in den Werkzeugaufnahmen angeordnet, d. h. daß beispielsweise der von der Ein- oder Mehrspindeleinheit aufzunehmende rückwärtige Werkzeugteil bei allen Werkzeugen des Werkzeugmagazins in eine Umfangsrichtung, beispielsweise entgegen dem Uhrzeigersinn, weist.

Der Antrieb des Werkzeugmagazins in Richtung w, d. h. entlang der Achse 30, erfolgt beispielsweise durch einen mit dem Werkzeugmagazin verbundenen Antriebsmotor 10, dessen Achse mit einem Ritzel 11 versehen ist, das mit einer am Werkzeugmaschinenkörper 1

fest angebrachten Zahnstange 12 kämmt. Auch die Drehbewegung des Werkzeugmagazins 3 um die Achse 30, in Richtung des Doppelpfeiles V erfolgt über einen nicht gezeigten Motor. Beide Antriebsmotoren für das Werkzeugmagazin 3 sind ebenso wie die Ein- oder Mehrspindeleinheit 2 NC-gesteuert, so daß die Bewegungen des Werkzeugmagazins 3 mit den Bewegungen der Ein- oder Mehrspindeleinheit 2 abstimmbare sind.

Das Werkzeugmagazin 3 ist zum Bearbeitungsraum 21 hin mit einer Verkleidung 13 versehen, in die ebenfalls um die Achse 30 schwenkbare Klappe 14 eingesetzt ist. Die Klappe 14 weist dabei nach unten zum Bearbeitungsraum und zum Verfahrbereich der Ein- oder Mehrspindeleinheit 2 hin. Zum Werkzeugwechsel wird die Klappe 14 gesteuert geöffnet, so daß die untere, zum Bearbeitungsraum 21 hinweisende Reihe der Werkzeugaufnahmen 31A freiliegt und für die Ein- oder Mehrspindeleinheit 2 zugänglich ist.

Der Werkzeugwechsel erfolgt auf die nachfolgend beschriebene Art und Weise. Die Ein- oder Mehrspindeleinheit 2 wird dabei aus ihrer werkstucknahen Bearbeitungsposition in der rechtwinklig zu ihrer Rotationsachse 20 verlaufenden xy-Ebene zum Werkzeugmagazin hin verfahren. Gleichzeitig wird das Werkzeugmagazin in W-Richtung entlang der Achse 30 verfahren und bei Bedarf gleichzeitig um die Achse 30 in Drehrichtung V verdreht, so daß die dem für den nächsten Bearbeitungspro ausgewählten Werkzeug nächstgelegene leere Werkzeugaufnahme der Ein- oder Mehrspindeleinheit entgegenkommt und sich mit der Ein- oder Mehrspindeleinheit 2 auf zeitoptimierte Weise trifft.

Das in der Ein- oder Mehrspindeleinheit 2 befindliche Werkzeug 4 wird dabei von unten (in y-Richtung nach oben) in die leere Werkzeugaufnahme eingesetzt, und Ein- oder Mehrspindeleinheit und Werkzeug werden dann voneinander getrennt. Das für den nächsten Bearbeitungsschritt ausgewählte Werkzeug wird dann durch gleichzeitige Bewegung von Ein- oder Mehrspindeleinheit 2 und Werkzeugmagazin 3 in die Ein- oder Mehrspindeleinheit 2 eingesetzt und von der Ein- oder Mehrspindeleinheit nach unten (in y-Richtung) aus der Werkzeugaufnahme entnommen.

Das Zusammenfügen bzw. Trennen von Ein- oder Mehrspindeleinheit und Werkzeug ist in Fig. 2 dargestellt. Zum Einsetzen eines Werkzeugs in die Ein- oder Mehrspindeleinheit wird das Werkzeugmagazin um die Achse W im Gegenuhrzeigersinn (Pfeil V') so gedreht, daß das einzusetzende Werkzeug mit seinem rückwärtigen, in die Ein- oder Mehrspindeleinheit einzusetzenden Abschnitt voran auf die unterste Stellung im Werkzeugmagazin (Werkzeug 4A in Fig. 1) hin bewegt wird. Gleichzeitig wird die Ein- oder Mehrspindeleinheit 2 in eine Position gefahren, in der die Rotationsachse 20 der Ein- oder Mehrspindeleinheit 2 bezüglich der Werkzeugachse 40 in der untersten Werkzeugposition gleichachsig ausgerichtet ist. Während der Verschwenkbewegung des Werkzeugs um die Achse W erfolgt zeitgleich eine Translationsbewegung der Ein- oder Mehrspindeleinheit 2 entlang der Achse 20 in Richtung auf das Werkzeug zu (Pfeil Z').

Die Verschwenkgeschwindigkeit des Werkzeugs 4 und die Translationsgeschwindigkeit der Ein- oder Mehrspindeleinheit 2 sind dabei derart aufeinander abgestimmt, daß die Ein- oder Mehrspindeleinheit 2 den Weg h zurücklegt, während das Werkzeug 4 gleichzeitig den Winkel α zurücklegt, damit sich Werkzeug 4 und Ein- oder Mehrspindeleinheit 2 genau dann treffen, wenn das Werkzeug 4 in der untersten Position ange-

kommen ist, d. h. wenn die Werkzeugachse 40 mit der Achse 20 der Ein- oder Mehrspindeleinheit identisch ist.

Zu diesem Zeitpunkt ist das Werkzeug 4 mit seinem rückwärtigen Teil in der Werkzeugaufnahme der Ein- oder Mehrspindeleinheit 2 aufgenommen und dort in der notwendigen Weise verriegelt. Die Ein- oder Mehrspindeleinheit 2 vollführt danach eine Vertikalbewegung nach unten in Richtung des Pfeiles Y', wobei das Werkzeug aus der Klemmposition in der Werkzeugaufnahme 31 herausgezogen wird.

Die Entnahme eines Werkzeugs aus der Ein- oder Mehrspindeleinheit erfolgt in umgekehrter Reihenfolge.

Fig. 3 zeigt eine Werkzeugaufnahme 31, die die Form eines großen Ω besitzt. Die freien Schenkel 32, 32' sind dabei als Federschenkel ausgebildet, die in X-Richtung elastisch bewegbar sind. In der entspannten Stellung der Federschenkel 32, 32' ist der Innendurchmesser des von den Federschenkeln 32, 32' beschriebenen Teilkreises gleich bzw. etwas geringer als der Grunddurchmesser einer an den Werkzeugen vorgesehenen V-Rille. Aufgrund der Ω -förmigen Gestalt der Federschenkel 32, 32' ist der von den Federschenkeln 32, 32' beschriebene Teilkreis größer als 180° , so daß die von unten zugängliche Öffnung der Werkzeugaufnahme 31 schmaler ist als der Durchmesser. Zum Einsetzen bzw. Entnehmen eines Werkzeugs müssen daher die Federschenkel 32, 32' so weit aufgeweitet werden, daß ihre die Öffnung begrenzenden Innenvorsprunge 39, 39' um den Innendurchmesser der ringförmigen Nut des Werkzeugs voneinander beabstandet sind.

Zur Begrenzung der offnungsbewegung der Federschenkel 32, 32' sind seitlich außerhalb des Aufnahme- raums für das Werkzeug Anschläge 33, 33' für die Federschenkel 32, 32' vorgesehen. Die freien Enden 34, 34' der Federschenkel 32, 32' verlaufen im wesentlichen parallel zur Achse 30 des Werkzeugmagazins. Die freien Schenkel 34, 34' besitzen eine Stirnfläche 35, 35', die jeweils an der Stirnfläche 36, 36' des freien Endes 37, 37' einer benachbarten Werkzeugaufnahme 31', 31'' anliegt.

Der erste und der letzte Federschenkel einer Reihe von Werkzeugaufnahmen 31, 31', 31'' sind von parallel zur Achse 30 gerichteten Druckkräften F, F' beaufschlagt, die über die Stirnflächen 36, 35; 35', 36' der Federschenkel 38, 32; 32', 38, von einem Federschenkel auf den anderen übertragen werden, so daß jeder Federschenkel beim öffnen der Werkzeugaufnahme 31 zusätzlich die Druckkraft F bzw. F' überwinden muß. Die auf diese Weise erzielte Verstärkung der jedem Federschenkel eigenen Spannkraft verhindert zuverlässig ein ungewolltes Herausrutschen eines in der Werkzeugaufnahme aufgenommenen Werkzeugs, insbesondere bei den beim Drehen des Werkzeugmagazins 3 um die Achse W herum auftretenden Fliehkräften. Die auf diese Weise verstärkte offnungskraft kann von der Werkzeugmaschine beim automatischen Werkzeugwechsel ohne weiteres aufgebracht werden.

Soll das Werkzeugmagazin von Hand bestückt werden, so lassen sich die externen Druckkräfte F, F' beispielsweise durch das Entfernen von Federeinrichtungen oder anderen Vorspanneinrichtungen am Werkzeugmagazin aufheben, so daß der Bediener zum Austauschen der Werkzeuge einer Werkzeugaufnahmen-Reihe lediglich die den Federschenkeln eigene Federkraft überwinden muß.

Die Werkzeugaufnahmen können auf besonders kostengünstige Weise auf Kunststoff, beispielsweise Spritzguß, hergestellt werden.

Die Werkzeugmaschine kann auch als Mehrspindel-

Maschine ausgebildet sein, wobei eine Mehrspindeleinheit (Fig. 5) vorgesehen ist. In einer derartigen Mehrspindeleinheit 2' sind mehrere Werkzeuge nebeneinander aufgenommen, deren jeweilige Rotationsachsen 20', 20'' parallel verlaufen. Mit Mehrspindelmaschinen ist eine schnellere Bearbeitung eines Werkstücks möglich, da der Werkzeugeinsatz aller Werkzeug gleichzeitig an unterschiedlichen Orten stattfinden kann. Bei einer Mehrspindeleinheit entspricht der Abstand zweier benachbarter Werkzeuge 4', 4'' bevorzugt dem Abstand zweier benachbarter Werkzeugaufnahmen im Werkzeugmagazin, so daß beispielsweise ein gleichzeitiger paarweiser Werkzeugwechsel möglich ist.

Bezugszeichenliste

- 1 Werkzeugmaschinenkörper
- 2 Ein- oder Mehrspindeleinheit
- 3 Werkzeugmagazin
- 4(4A—4D) Werkzeug
- 5 Werkstück
- 10 Antriebsmotor
- 11 Ritzel
- 12 Zahnstange
- 13 Verkleidung
- 14 Klappe
- 20 Rotationsachse von 2
- 21 Bearbeitungsraum
- 30 Rotationsachse von 3
- 31(31A—31D) Werkzeugaufnahmen
- 31', 31' benachbarte Werkzeugaufnahmen
- 32, 32' freie Schenkel
- 33, 33' Anschläge
- 34, 34' freie Enden von 32, 32'
- 35, 35' Stirnfläche von 34, 34'
- 36, 36' Stirnfläche von 37, 37'
- 37, 37' freie Enden von 38, 38'
- 38, 38' Federschenkel von 31'', 31'
- 39, 39' Innenvorsprünge

Patentansprüche

1. Werkzeugmaschine mit einer vorzugsweise in drei Achsrichtungen verfahrbaren Ein- oder Mehrspindeleinheit zur Werkzeugaufnahme sowie einem Werkzeugmagazin, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeugmagazin (3) und die Ein- oder Mehrspindeleinheit (2) zum Werkzeugwechsel zumindest zeitweise gleichzeitig relativ zueinander bewegbar sind.
2. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeugmagazin (3) und die Ein- oder Mehrspindeleinheit (2) zum Werkzeugwechsel zumindest zeitweise gleichzeitig translatorisch bewegbar sind.
3. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeugmagazin (3) zum Werkzeugwechsel rotatorisch bewegbar ist, während die Ein- oder Mehrspindeleinheit (2) zumindest zeitweise gleichzeitig translatorisch bewegbar ist.
4. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeugmagazin (3) eine Vielzahl von in einer rechtwinklig zur Rotationsachse (20) der Ein- oder Mehrspindeleinheit (2) verlaufenden Reihe angeordneten Werkzeugaufnahmen (31A; 31B; 31C; 31D) aufweist,

daß das Werkzeugmagazin (3) in Richtung dieser Reihe verfahrbar ist und daß die Ein- oder Mehrspindeleinheit (2) parallel zu dieser Reihe verfahrbar ist.

5. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeugmagazin (3) um eine rechtwinklig zur Rotationsachse (20) der Ein- oder Mehrspindeleinheit (2) verlaufende Achse (30) drehbar ist, daß über den Umfang um die Achse (30) zumindest zwei Werkzeugaufnahmen (31A, 31B, 31C, 31D) zur gleichsinnigen Aufnahme von Werkzeugen (4A, 4B, 4C, 4D) angeordnet sind und daß die Ein- oder Mehrspindeleinheit (2) entlang ihrer Rotationsachse (20) im wesentlichen tangential in Richtung des Werkzeugmagazins auf eine Werkzeugaufnahme (31A; 31B; 31C; 31D) hin und von dieser weg verfahrbar ist.

6. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeugmagazin (3) trommelartig ausgebildet ist und über den Umfang zumindest eine Reihe von nebeneinander angeordneten Werkzeugaufnahmen (31A, 31C; 31B, 31D) aufweist.

7. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jede Werkzeugaufnahme (31A, 31B, 31C, 31D) Ω -förmig gestaltet ist, wobei die freien Schenkel (32, 32') als Federschenkel ausgebildet sind.

8. Werkzeugmaschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß seitlich der Federschenkel (32, 32') außerhalb des Aufnahmeraums für ein Werkzeug Anschläge (33, 33') vorgesehen sind, die eine Öffnungsbewegung der Federschenkel (32, 32') begrenzen.

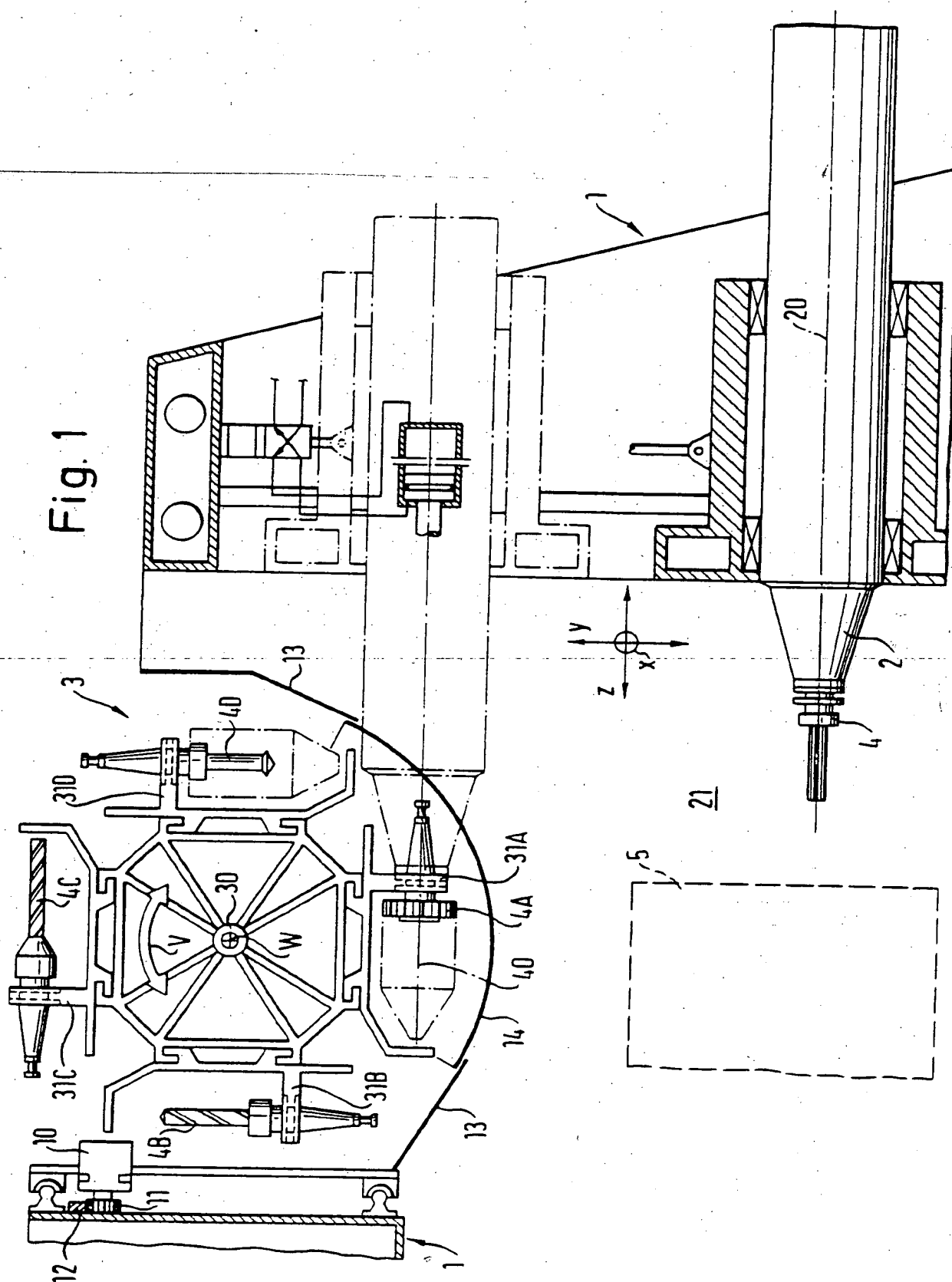
9. Werkzeugmaschine nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die freien Enden (34, 34') der Federschenkel (32, 32') im wesentlichen parallel zur Achse (30) des Werkzeugmagazins (3) verlaufen und eine Stirnfläche (35, 35') besitzen, die an der Stirnfläche (36, 36') des freien Endes (37, 37') eines Federschenkels (38, 38') einer benachbarten Werkzeugaufnahme (31', 31'') anliegt.

10. Werkzeugmaschine nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der erste und der letzte Federschenkel einer Reihe von Werkzeugaufnahmen an ihren freien Enden von Druckkräften beaufschlagt sind, die die Federschenkel der benachbarten Werkzeugaufnahmen dieser Reihe in Anlage halten.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

Fig. 1



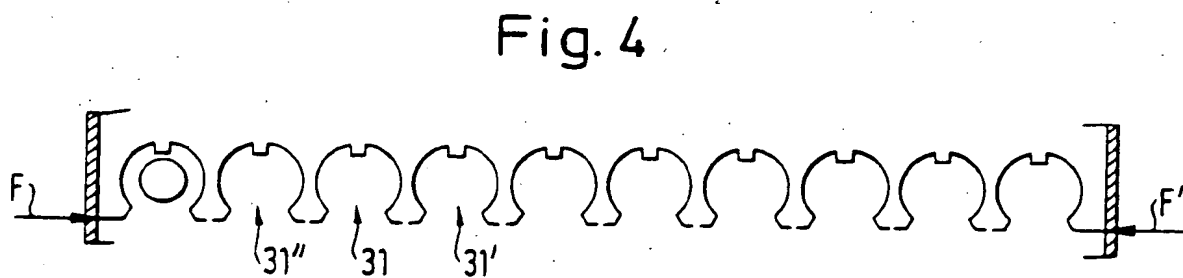
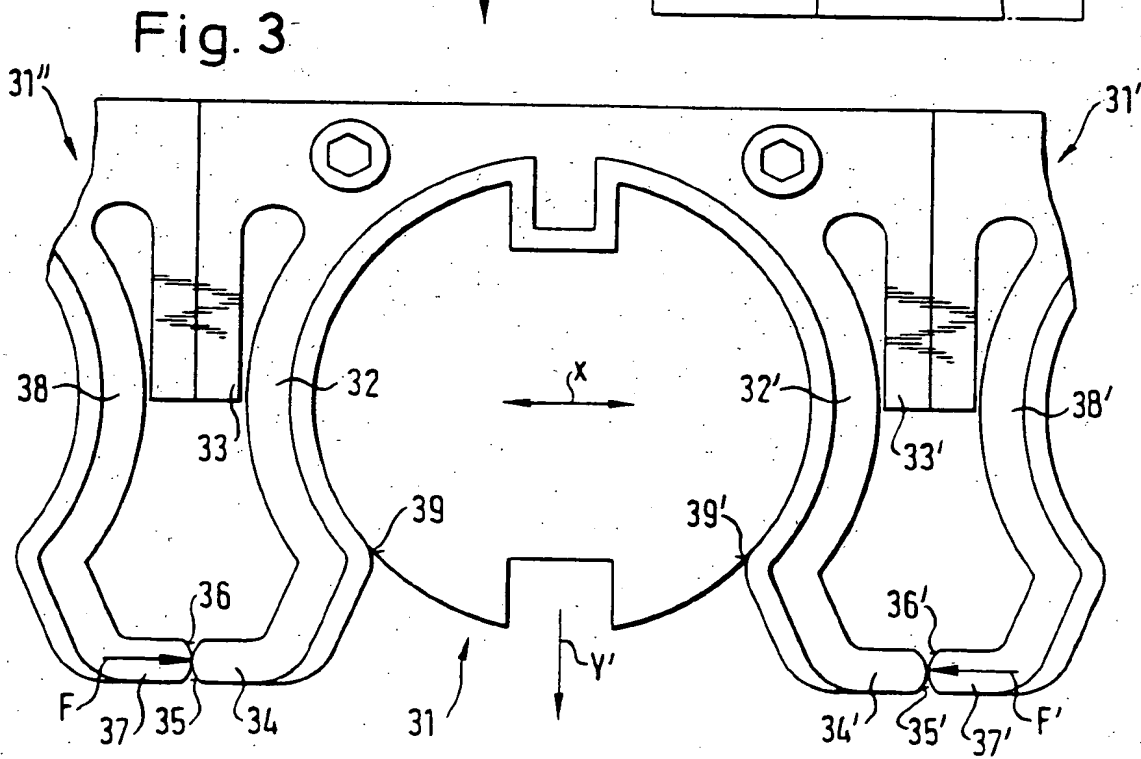
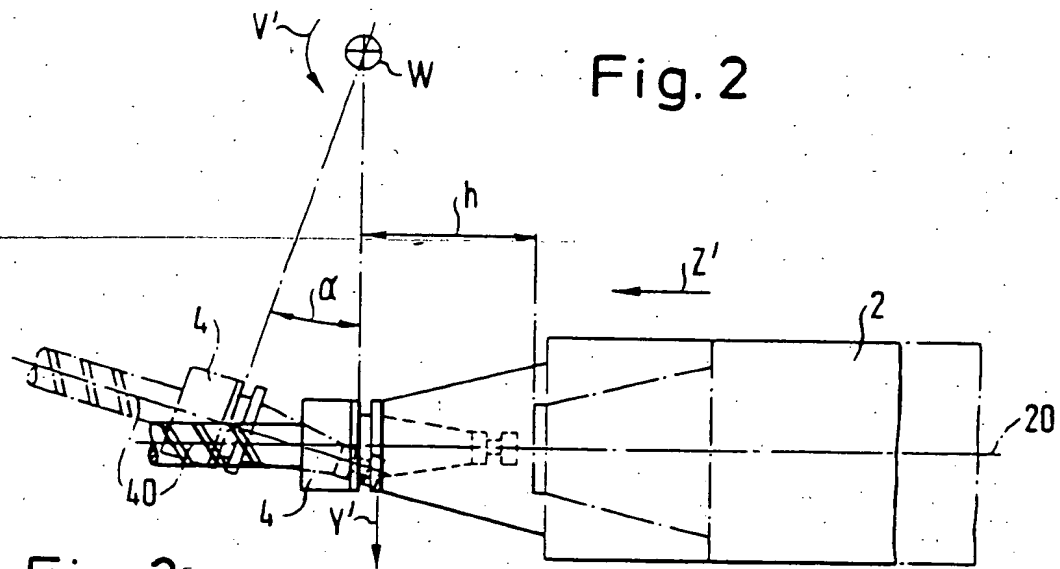


Fig. 5

